

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ  
КРИСТАЛЛОВ ТГС С ПЛАВНЫМ ГРАДИЕНТОМ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ПРИМЕСИ L-А- АЛАНИНА**

**<sup>1</sup>Шут В.Н., <sup>1</sup>Мозжаров С.Е., <sup>2</sup>Кашевич И.Ф.**

<sup>1</sup>*Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь*

<sup>2</sup>*ВГУ им. П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь, E-mail: kashevich@tut.by*

Наличие градиента неизоморфной и неполярной примеси хрома в кристаллах ТГС приводит к формированию униполярного состояния – несимметричности диэлектрических характеристик образцов по отношению к знаку приложенного поля [1,2]. Это объяснялось поляризующим действие градиента концентрации примеси  $\text{grad}(\sigma_c)$  ( $\sigma_c$  – вариация концентрации примеси) на формирование униполярной доменной структуры и стабилизацию спонтанной поляризации. Наиболее ярким примером создания униполярного состояния и стабилизации спонтанной поляризации является допирование во время выращивания кристаллов ТГС полярными примесями L- $\alpha$ -аланина (АТГС), которые изоморфно замещают часть молекул глицина I. Представляет интерес исследование доменной структуры и свойств кристаллов ТГС с градиентом изоморфной и полярной примеси L- $\alpha$ - аланина.

Изучение доменной структуры кристаллов ТГС с плавным градиентом концентрации полярной примеси L- $\alpha$ - аланина (ТГС-АТГС) проводили методом нематических жидких кристаллов в поляризационном свете с помощью оптического микроскопа. На полярный скел неоднородного кристалла ТГС с L- $\alpha$ - аланином, полученном по разработанной методике, наносили термо- и светостабилизированный НЖК и наблюдали доменную структуру в проходящем поляризованном свете. Исследование влияния градиента концентрации примеси L- $\alpha$ - аланина на формирование доменной структуры проводили путем сравнения с доменной структурой чистого кристалла ТГС, в качестве которого использовалась область затравки. Для этих целей при выращивании кристаллов размер затравки специально подбирался не менее 5 мм. Причем чистые кристаллы ТГС, из которых вырезались затравки, были получены в таких же термодинамических условиях, как и их дальнейшее доращивание из раствора с изменяющимся содержанием примеси.

На рисунке 1 приведены микрофотографии полученной доменной структуры ТГС с плавным градиентом примеси L- $\alpha$ - аланина. Фотографии поверхности образца сделаны последовательно с шагом 2,0 мм, начиная от области затравки, в направлении нормально к грани (110), т.е. от беспримесной области к краю образца, содержащего максимальное количество примеси L- $\alpha$ - аланина (4,6 % вес. в растворе). По мере продвижения по образцу концентрация примеси плавно увеличивалась, т.к. согласно условиям роста, концентрация примеси в растворе изменялась приблизительно со скоростью 0,5 % вес./мм.

Из рисунка 1 видно, что доменная структура беспримесной области соответствует типичной полидоменной структуре ТГС с небольшим коэффициентом униполярности  $k$ . По мере увеличения примеси в растворе происходит достаточно быстро частичная (рис.1,б,в) или полная (рис.1,г) монополизация доменной структуры при концентрациях примеси аланина 2,5–3,5 % вес. в растворе.

Согласно литературным данным [3], полностью монодоменным состоянием характеризуется ТГС, легированный аланином не менее 10% вес. в кристалле. Поскольку коэффициент распределения примеси в данном случае меньше единицы, то можно предположить, что монодоменизирующее влияние на состояние доменной структуры кристаллов ТГС с плавным градиентом примеси L- $\alpha$ - аланина оказывает неоднородное распределение примеси.

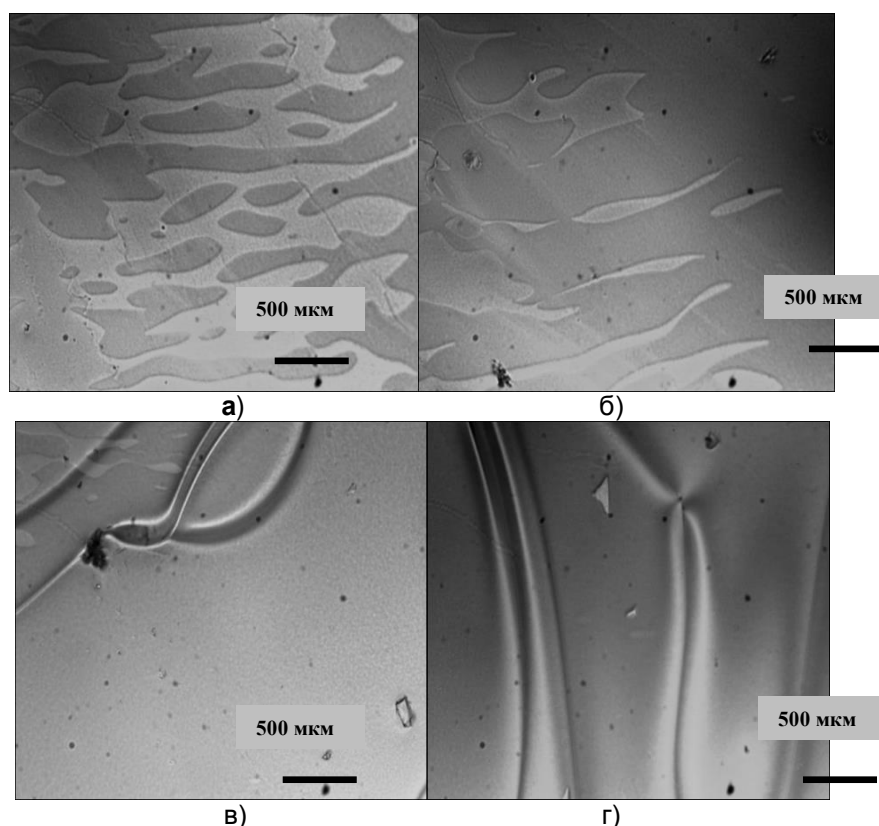


Рисунок 1 – Микрофотографии доменной структуры ТГС – АТГС: а – область беспримесного кристалла, б, в, г – области, соответствующие росту кристалла из раствора, содержащего примесь L-α- аланина ~ 1 вес.%; 2,5 вес.%; 3,5 вес.%, соответственно

Исследовать формирование определенного характера доменной структуры по границам не представлялось возможным – быстрорастущие грани выклинились, морфология образца была представлена немногочисленными медленно растущими границами.

В результате проведенных исследований было также установлено, что поляризационные свойства полученных кристаллов зависели от индекса пирамиды роста и концентрации примеси аланина. На рисунке 2 приведены петли диэлектрического гистерезиса для областей, которые соответствуют всему образцу (рис.2,а), беспримесной центральной части (рис.2,б) и участкам образца, приведенных на рисунке 1,б, в (рис.2,в,г). Эти данные принадлежат областям образца с различным типом доменной структуры – полидоменной, униполярной, монодоменной.

Из рисунка видно, что коэффициент униполярности целого образца составляет  $k \sim 30\%$  (см. рис.2,а), по оси Р петля симметрична. Для области затравки, т.е. беспримесного кристалла, характерна симметричная петля с коэффициентом динамической униполярности не выше 10%. Участки кристалла, включающие градиент примеси, имели смещенные петли гистерезиса как по оси Е, так и по оси Р, с низкими значениями реверсируемой спонтанной поляризации. Согласно этим данным переключаемая часть спонтанной поляризации уменьшается, свидетельствуя о зажатии (пиннинге) доменов. Необходимо отметить, что наряду с переполяризационными свойствами и доменной структурой, характерной для достаточно «жесткого» сегнетоэлектрика (области кристалла ТГС принадлежащие пирамидам роста  $\{111\}$  и  $\{110\}$ ), кристалл имел участки, обладающие полидоменной структурой и небольшими коэффициентами динамической и статической униполярности.

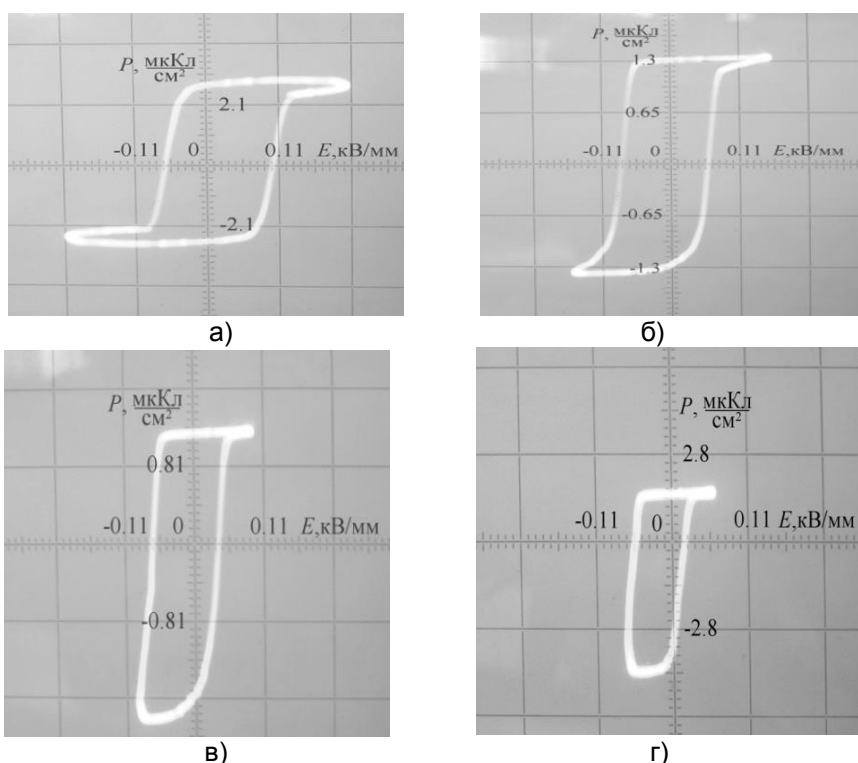


Рисунок 2 – Петли диэлектрического гистерезиса ТГС –АТГС: а) – для всего образца, б) – для области затравки, в), г) – для областей, соответствующие росту кристалла из раствора, содержащего примесь L-α- аланина ~ 2,5 вес.% и 3,5 вес.% соответственно

Это связано, по-видимому, с взаимодействием векторов спонтанной поляризации  $P_s$  и градиента концентрации примеси  $\text{grad}(\sigma_c)$  – в данном случае они нормальны друг другу, и поляризующее влияние на состояние доменной структуры оказывает только полярная примесь аланина.

Указанные выше характеристики целого образца являются интегральными, включающими участки с противоположной поляризацией областей, и поэтому для него не наблюдалось высоких униполярных свойств, характерных для легированных полярной примесью кристаллов ТГС.

Проведенные исследования показали, что существует корреляция доменной, примесной структур и поляризационных свойств кристаллов ТГС с плавным изменением концентрации полярной примеси аланина. Создание плавного градиента изоморфной примеси L-α- аланина, которая является полярной примесью и оказывает поляризующее действие даже при однородном распределении, может быть эффективным фактором для монодоменизации образцов ТГС при невысоких концентрациях L-α- аланина.

#### Список литературы:

1. V. N. Shut, I. F. Kashevich. Formation of the unipolar state in hydrogenous ferroelectric crystals// *Ferroelectrics*. – 2007. - V.350. - P. 57-64.
2. Кашевич И.Ф., Шут В.Н, Воттс Б.Э. Сегнетоэлектрические водорастворимые кристаллы с закономерно-неоднородным распределением примеси //Кристаллография.- 2004.- Т.49, №2. – С. 253-257.
3. N. Kubota, J. Fukazawa, H. Jashiro//*J. Crystal Growth* . -V.149 (1995).-P. 113.